	<p>Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана)</p>
---	--

ФАКУЛЬТЕТ «ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»

КАФЕДРА «ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭВМ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №5 ПО ДИСЦИПЛИНЕ:

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

“БИПОЛЯРНЫЙ ТРАНЗИСТОР, ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ”

Студент: **Зернов Георгий Павлович**

Группа: **ИУ7-34Б**

Вариант: **86**

Название предприятия: **НУК ИУ МГТУ им. Н. Э. Баумана**

Студент _____ **Зернов Г.П.**

Преподаватель _____ **Оглоблин Д.И.**

Оглавление

ЦЕЛЬ ПРАКТИКУМА	3
ХОД РАБОТЫ	4
Исследуемый транзистор	4
Эксперимент 1	4
Эксперимент 2	8
Эксперимент 3	12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	17

ЦЕЛЬ ПРАКТИКУМА

Получить навыки в использовании базовых возможностей программы Microcap и знания при исследовании и настройке усилительных, ключевых и логических устройств на биполярных и полевых транзисторах.

ХОД РАБОТЫ

Исследуемый транзистор

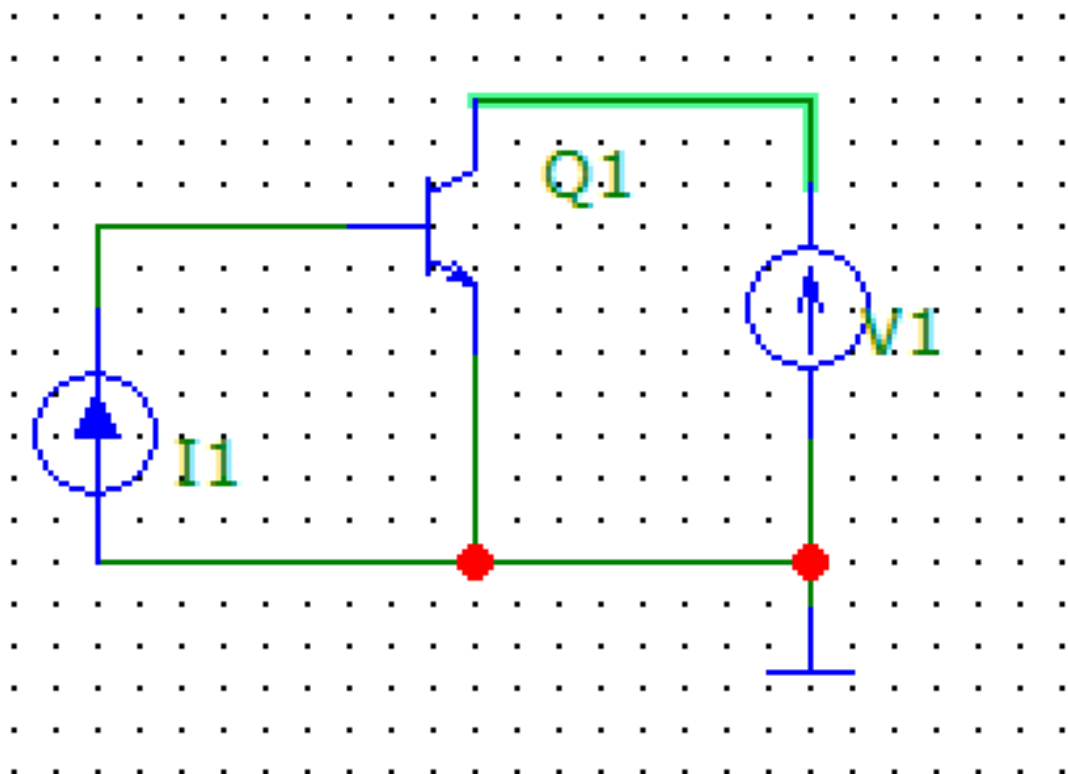
В работе проводится исследование транзистора KT503v.

Характеристики транзистора из библиотеки:

```
Вариант 86  
1 .model KT503v NPN(Is=10.07f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=60 Bf=250 Ise=100.2f  
+ Ne=1.452 Ikf=.6117 Nk=.4667 Xtb=1.5 Br=1.7 Isc=47.49f Nc=1.715  
+ Ikr=.7018 Rb=6 Rc=1.208 Cjc=23.66p Mjc=.33 Vjc=.75 Fc=.5  
+ Cje=30.84p Mje=.33 Vje=.75 Tr=390.4n Tf=10.09n Itf=1 Xtf=2 Vtf=40)
```

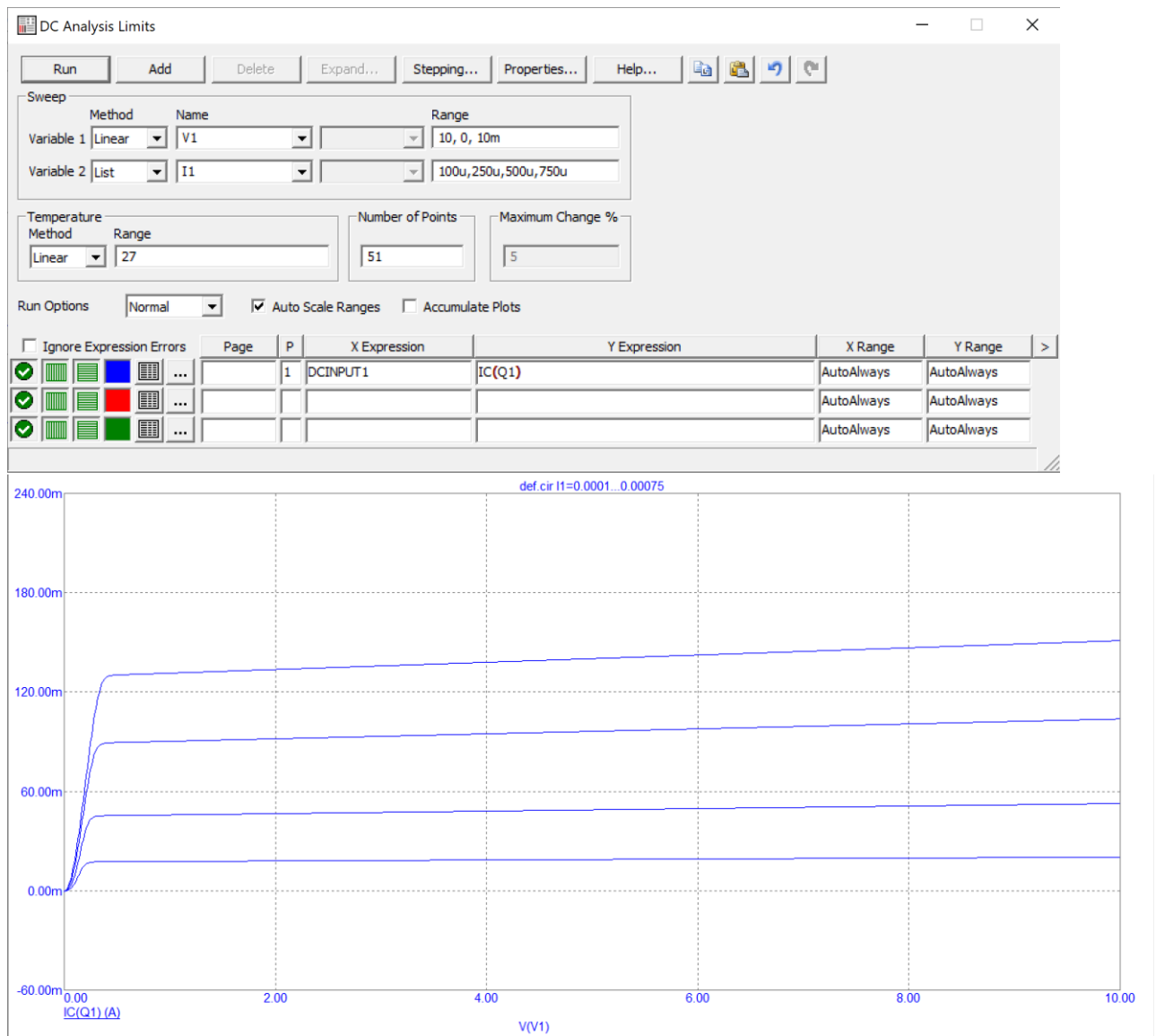
Эксперимент 1

Соберём схему для получения входной и выходной ВАХ NPN транзистора:

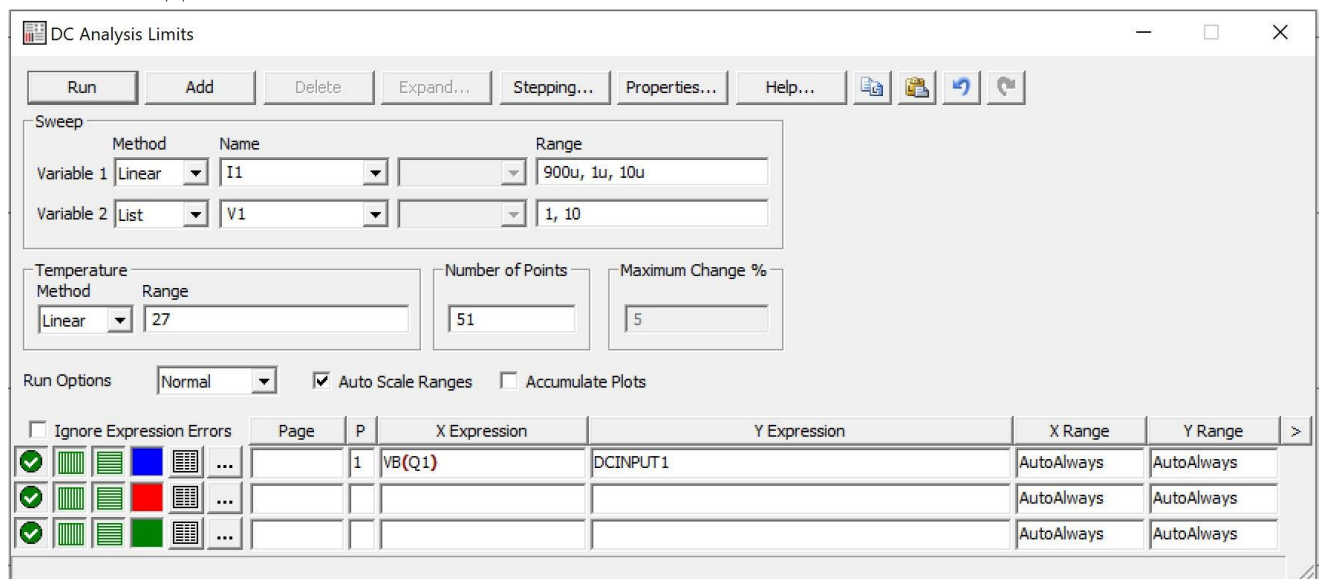


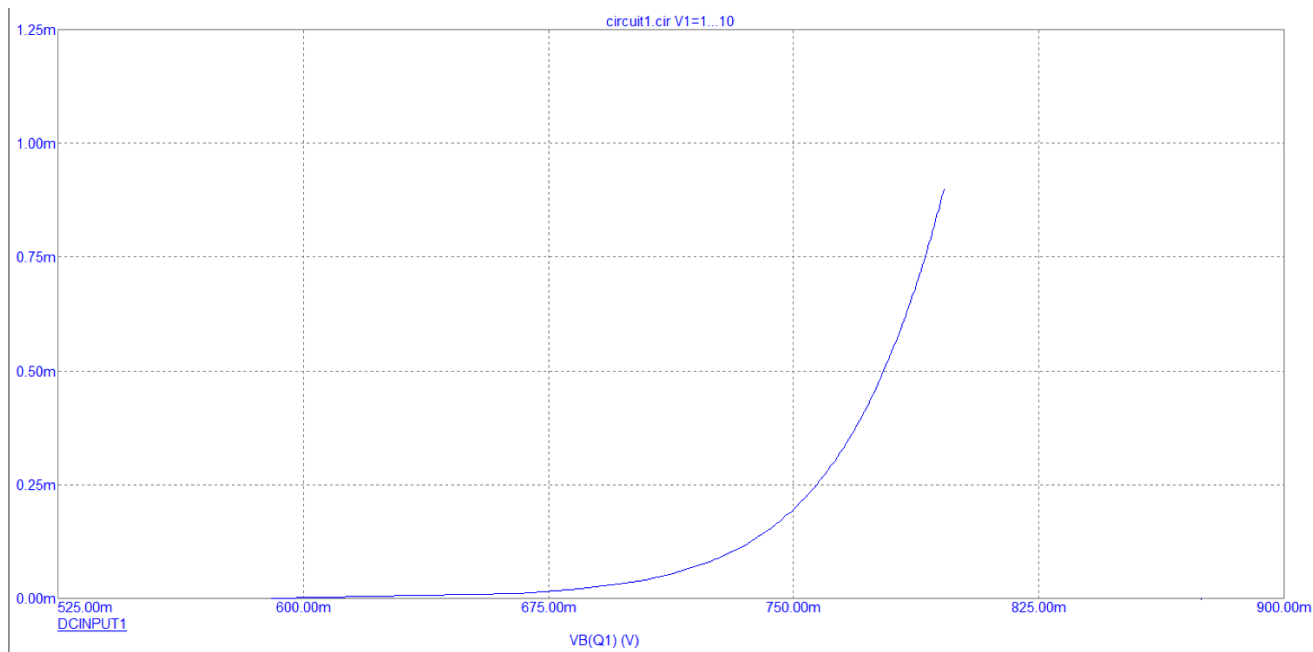
С помощью режима DC Analyses получим ВАХ:

Выходной ВАХ:



Входной ВАХ:





Для транзистора KT503v

- максимальную мощность, рассеиваемую на коллекторе: 0.35Вт
- максимальный ток: 0.15А
- максимальное напряжение: 40В

Используя эти данные построим кривую максимальной мощности

DC Analysis Limits

Run Add Delete Expand... Stepping... Properties... Help...

Sweep

Variable	Method	Name	Range
Variable 1	Linear	V1	0, 10, 1
Variable 2	List	I1	100u, 250u, 500u

Temperature

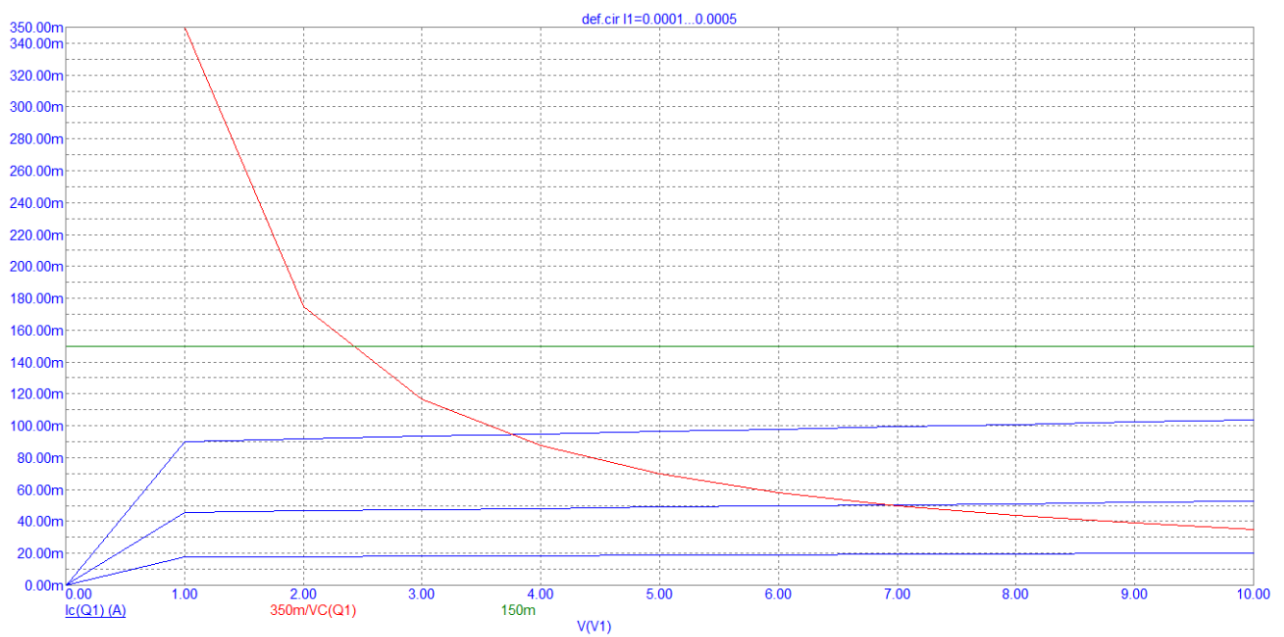
Method	Range
Linear	27

Number of Points: 51

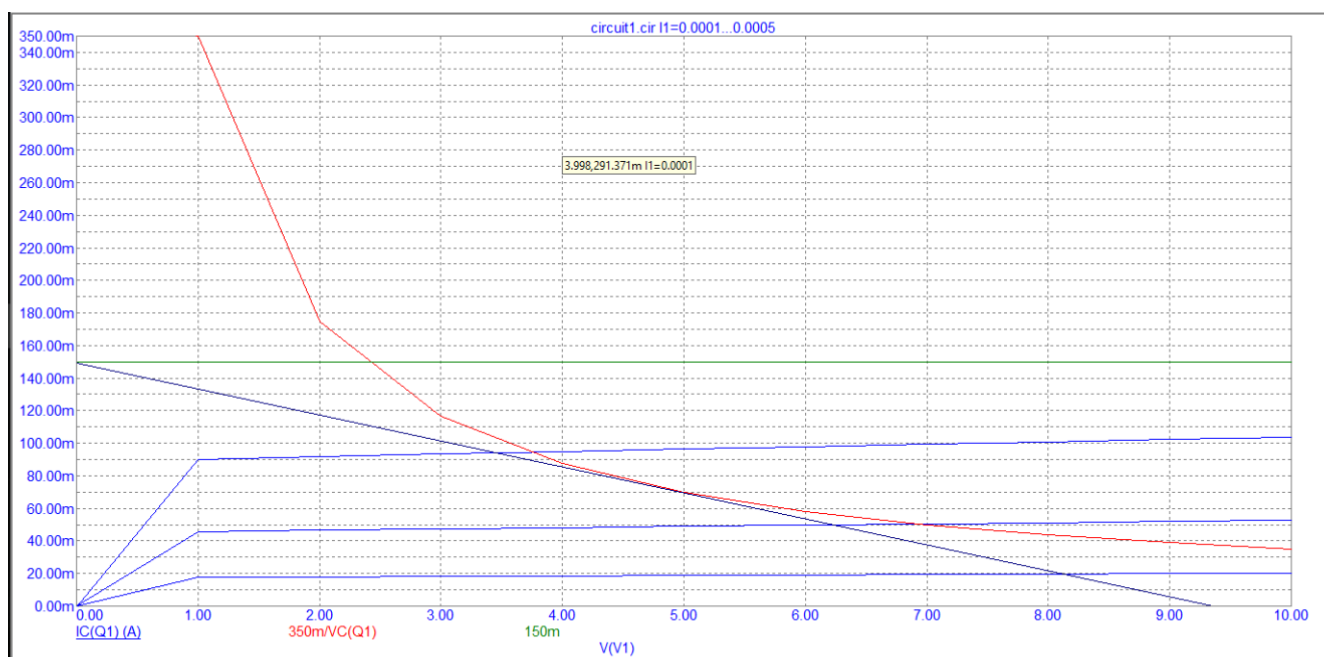
Maximum Change %: 5

Run Options: Normal ☐ Auto Scale Ranges ☐ Accumulate Plots

Ignore Expression Errors	Page	P	X Expression	Y Expression	X Range	Y Range
<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	Ic(Q1)	10, 0, 1	350m, 0, 10m
<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	350m/VC(Q1)	10, 0, 1	350m, 0, 10m
<input checked="" type="checkbox"/>		1	DCINPUT1	150m	10, 0, 1	350m, 0, 10m



На полученном графике построим нагрузочную прямую через точку (0, I_{max}) так чтобы она была касательной к кривой максимальной мощности.



На её середине возьмём рабочую точку с $U_{рт} = 4.65V$ $I_{рт} = 0.075A$.

Для неё найдём сопротивление обеспечивающее работу транзистора в ней, ток и напряжение базы.

$$B_f := 250$$

$$E_k := 9.3$$

$$I_{\max} := 0.15$$

$$I_k := \frac{I_{\max}}{2} \quad I_k = 0.075$$

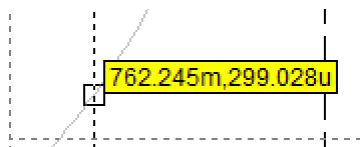
$$U_k := \frac{E_k}{2} \quad U_k = 4.65$$

$$R_k := \frac{(E_k - U_k)}{I_k} \quad R_k = 62$$

$$I_b := \frac{I_k}{B_f} \quad I_b = 3 \times 10^{-4}$$

$$U_b := 0.760$$

Напряжение базы определяется по графику входной ВАХ как соответствующее току базы:



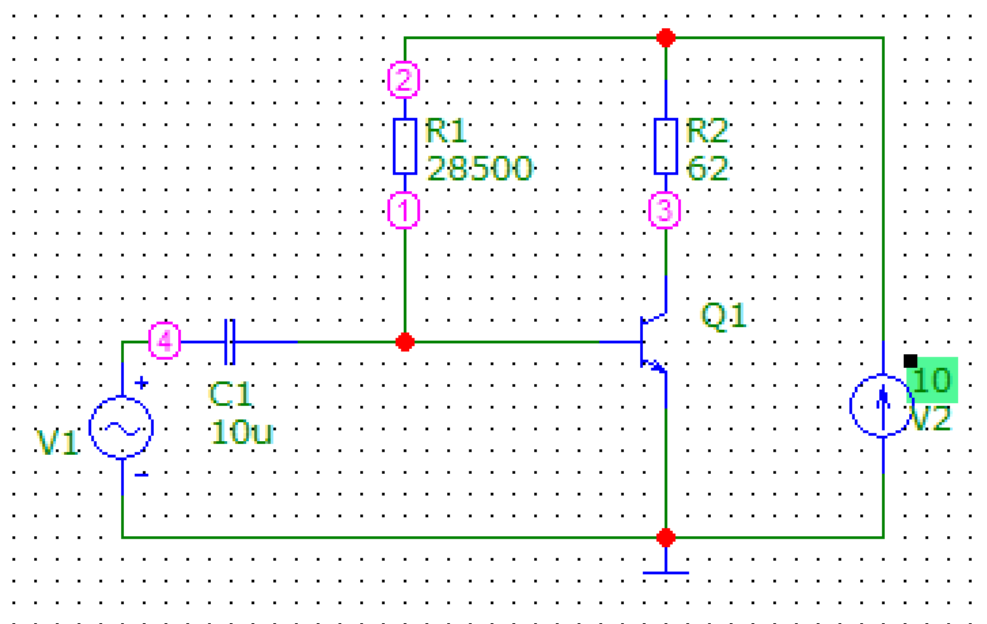
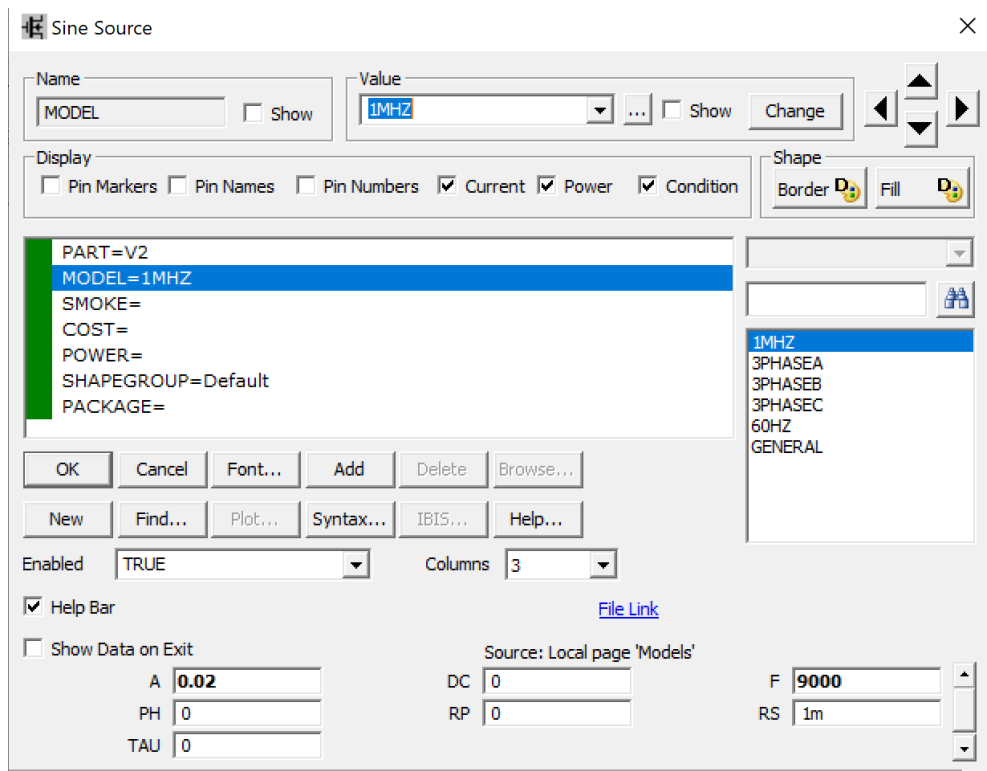
Эксперимент 2

Из закона Кирхгофа, используя ранее полученные данные и рабочую точку, рассчитаем сопротивление базы для каскада усиления:

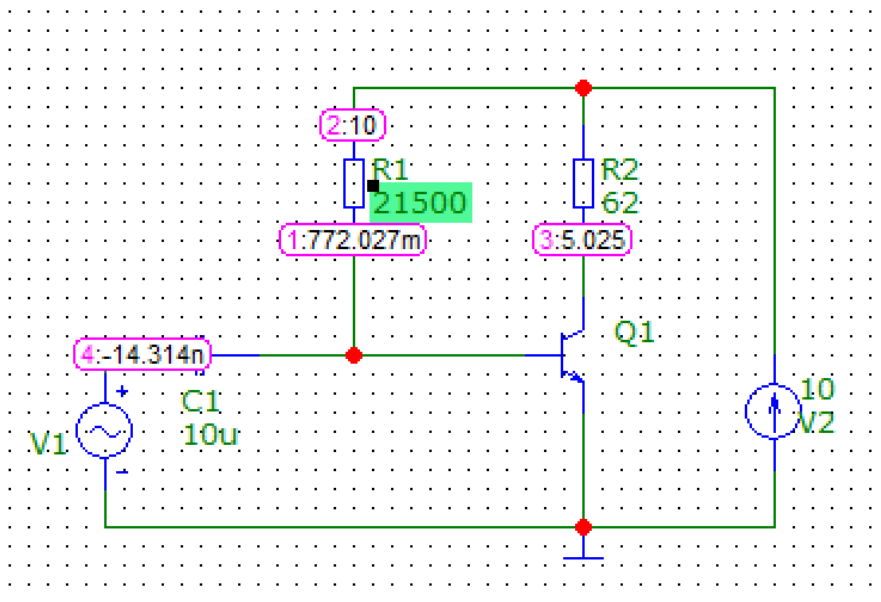
$$U_b := 0.760$$

$$R_b := \frac{(E_k - U_b)}{I_b} \quad R_b = 2.847 \times 10^4$$

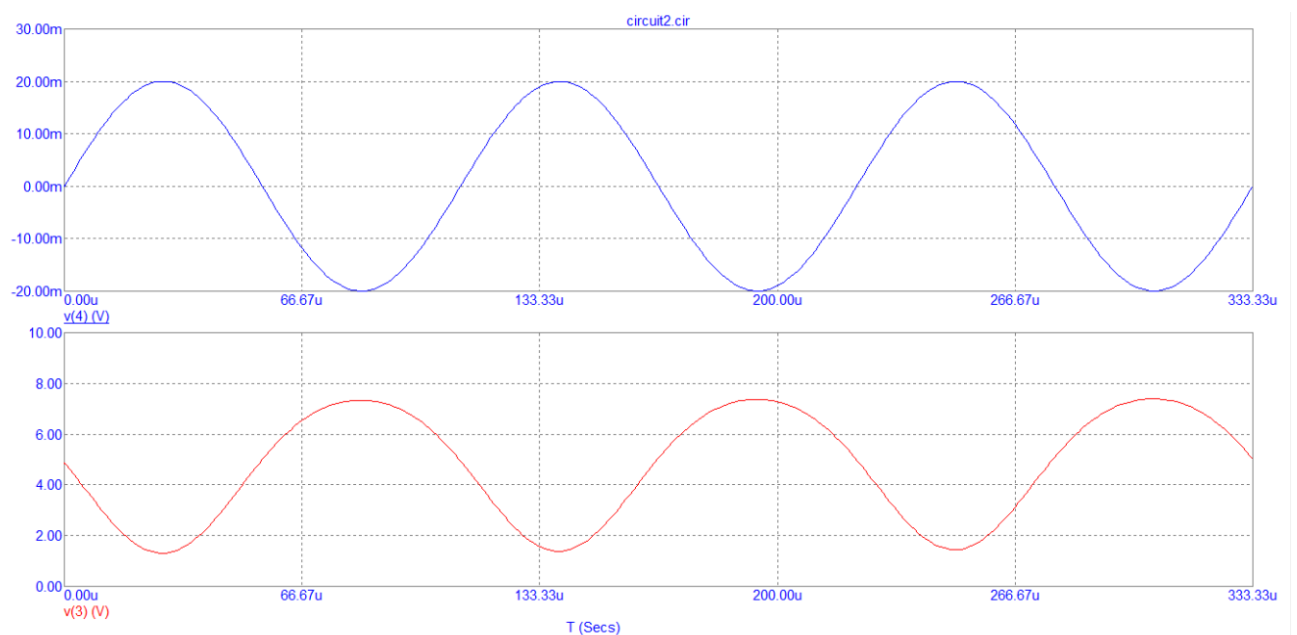
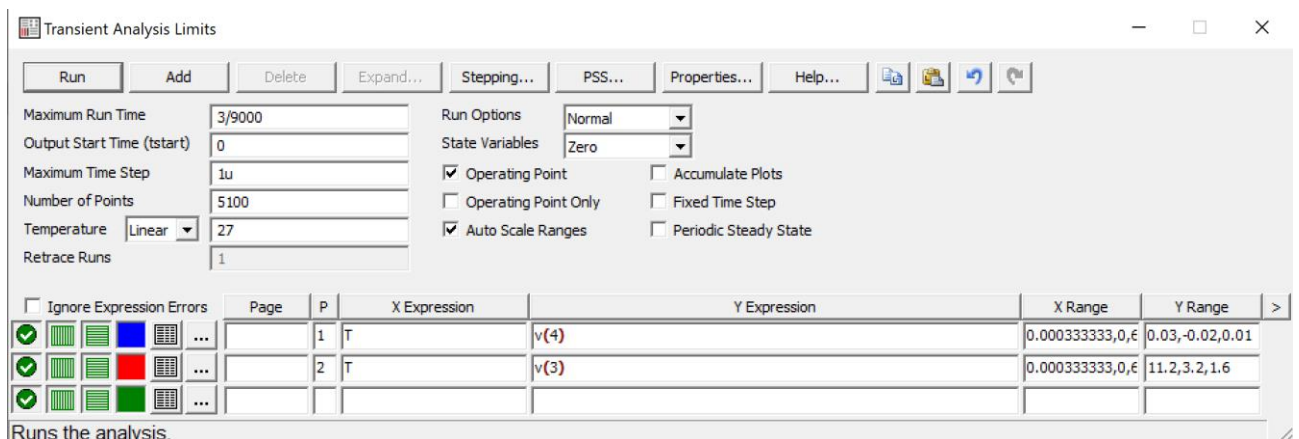
Соберём каскад (частота генератора 9кГц):



Так как расчёт приближённый, то изменим сопротивление так, чтобы напряжение коллектора было примерно равно половине напряжения источника:



С помощью режима Transient Analysis получим графики усиления сигнала



Рассчитаем коэффициент усиления, как отношение амплитуд:

$$K = 6V / 40mV = 150$$

Рассчитаем схему с делителем напряжения:

$$E_p := 10$$

$$I_b = 3 \times 10^{-4} \quad U_b := 0.760$$

$$I_d := I_b \cdot 10 \quad I_d = 3 \times 10^{-3}$$

$$R1 := 1 \quad R3 := 1$$

Given

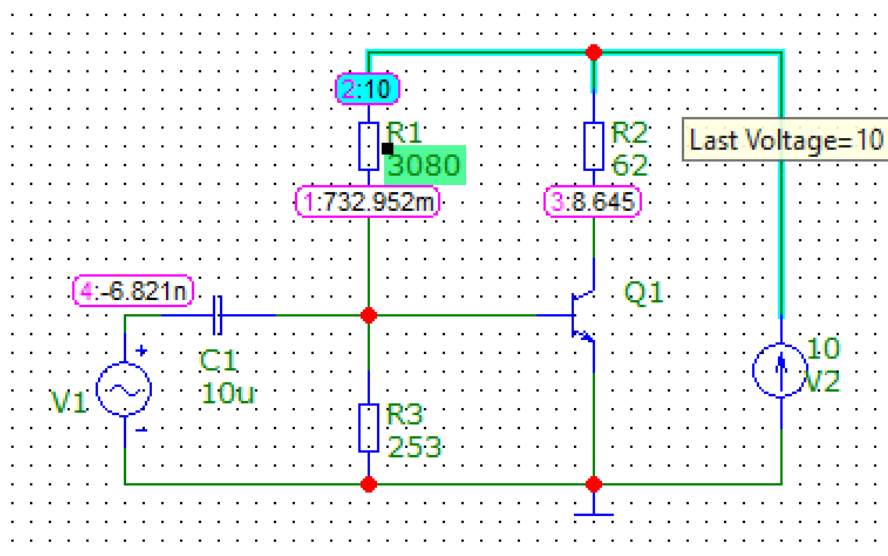
$$R1 + R3 = \frac{E_p}{I_d}$$

$$\frac{R1}{R3} = \frac{(E_p - U_b)}{U_b}$$

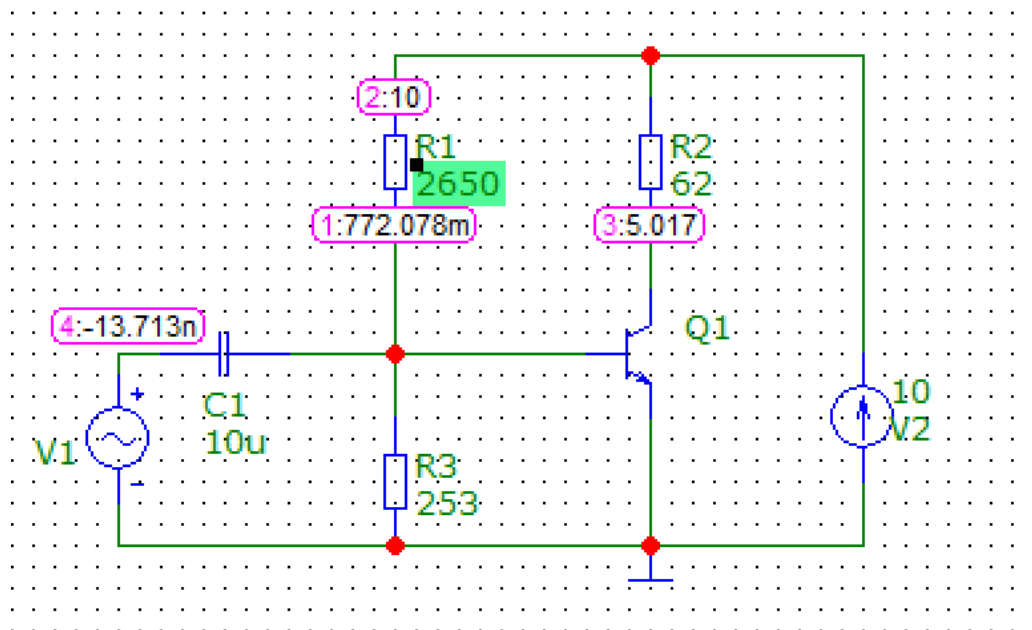
$$R_{res} := \text{Minerr}(R1, R3)$$

$$R_{res} = \begin{pmatrix} 3.08 \times 10^3 \\ 253.333 \end{pmatrix}$$

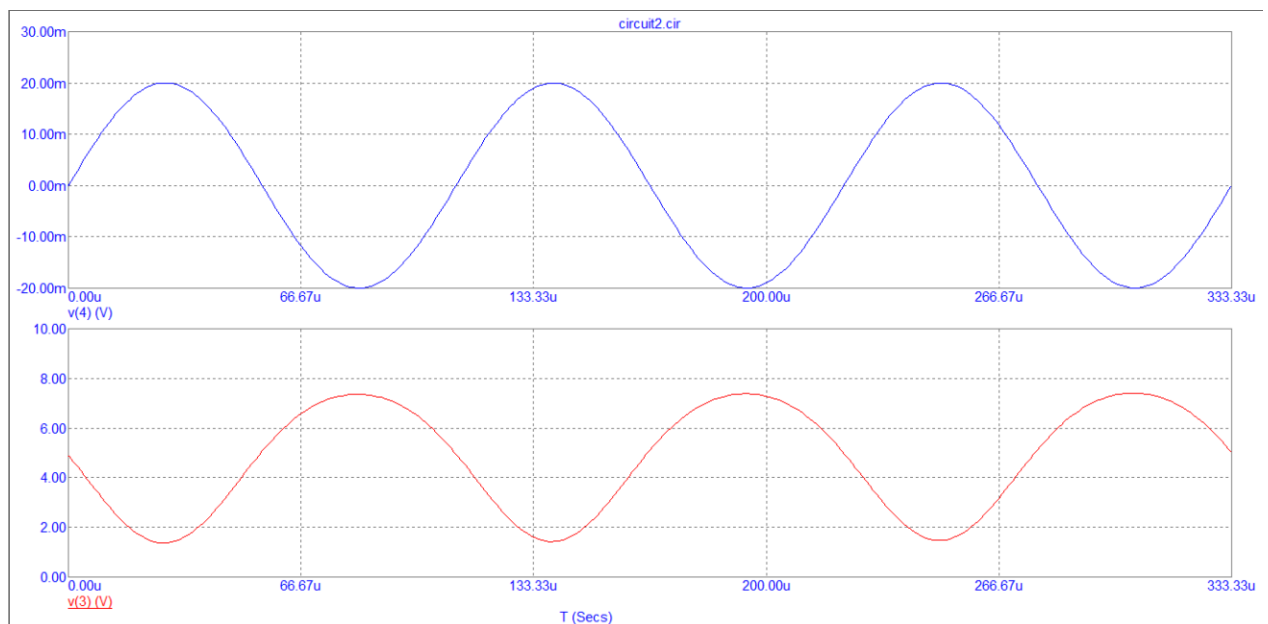
Соберём схему:



Аналогично прошлой схеме изменим сопротивление так, чтобы напряжение коллектора было примерно равно половине напряжения источника:



С помощью режима Transient Analysis получим графики усиления сигнала:



Рассчитаем коэффициент усиления, как отношение амплитуд:

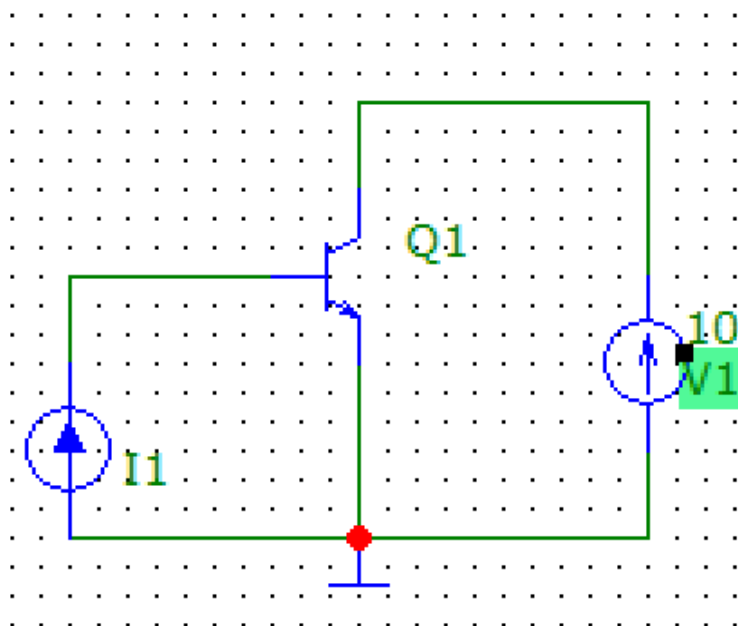
$$K = 6V / 40mV = 150$$

Заметим, что коэффициенты усиления совпадают, что доказывает правильность расчётов.

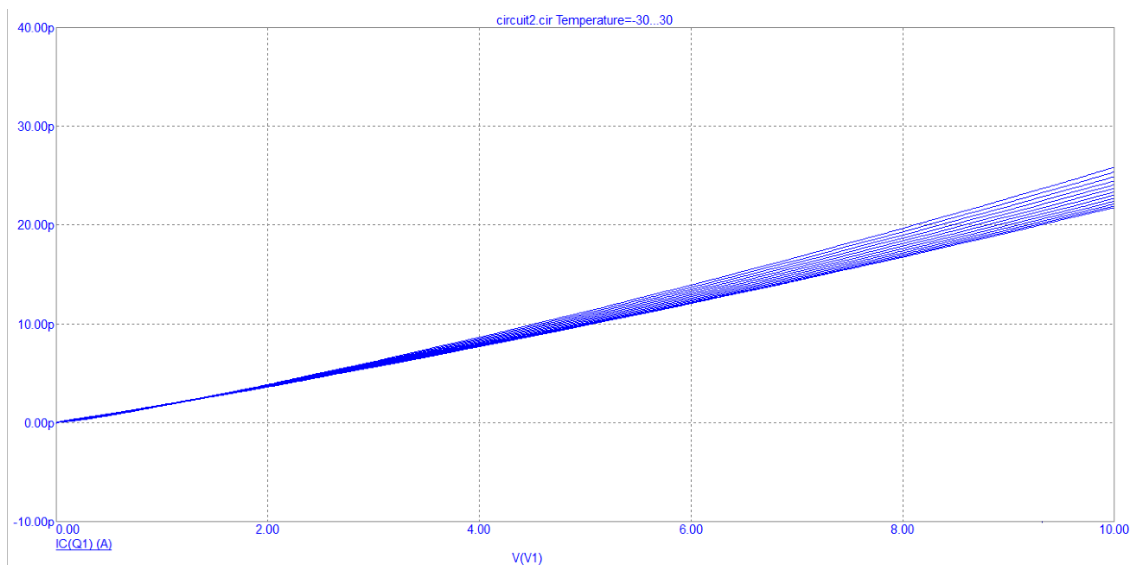
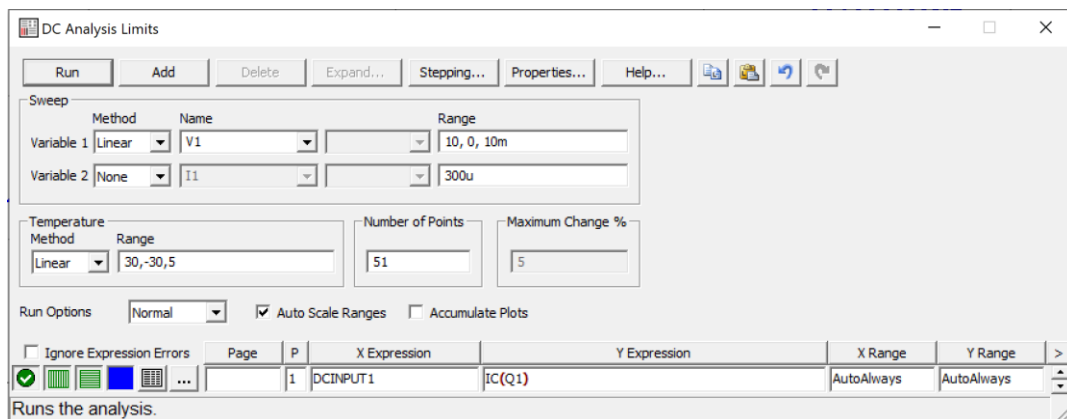
Эксперимент 3

Проверим, влияние температуры на ВАХ транзистора. Используя

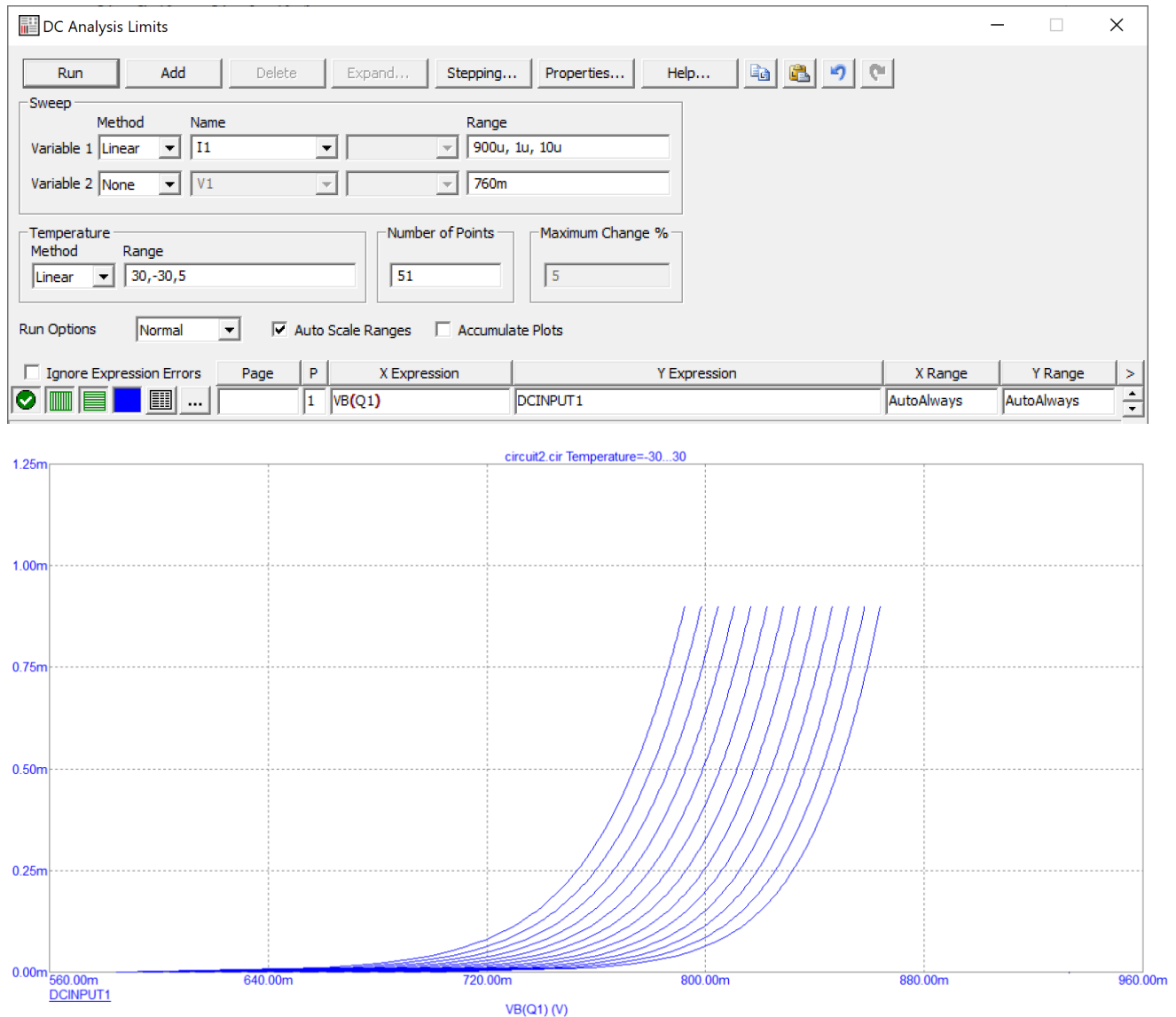
первую схему из эксперимента 1, проверим входную и выходную ВАХ для изменения температуры от 30 до -30 с шагом 5 градусов:



Температура изменяется от 30 до -30 с шагом 5.



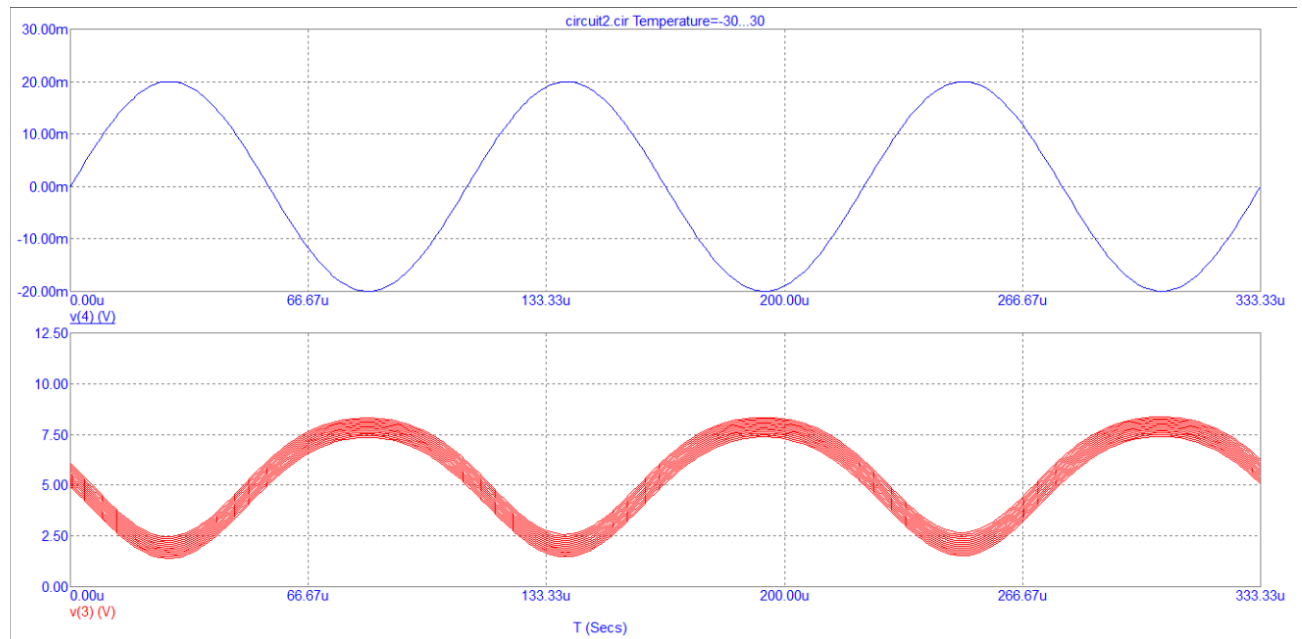
Входной ВАХ:



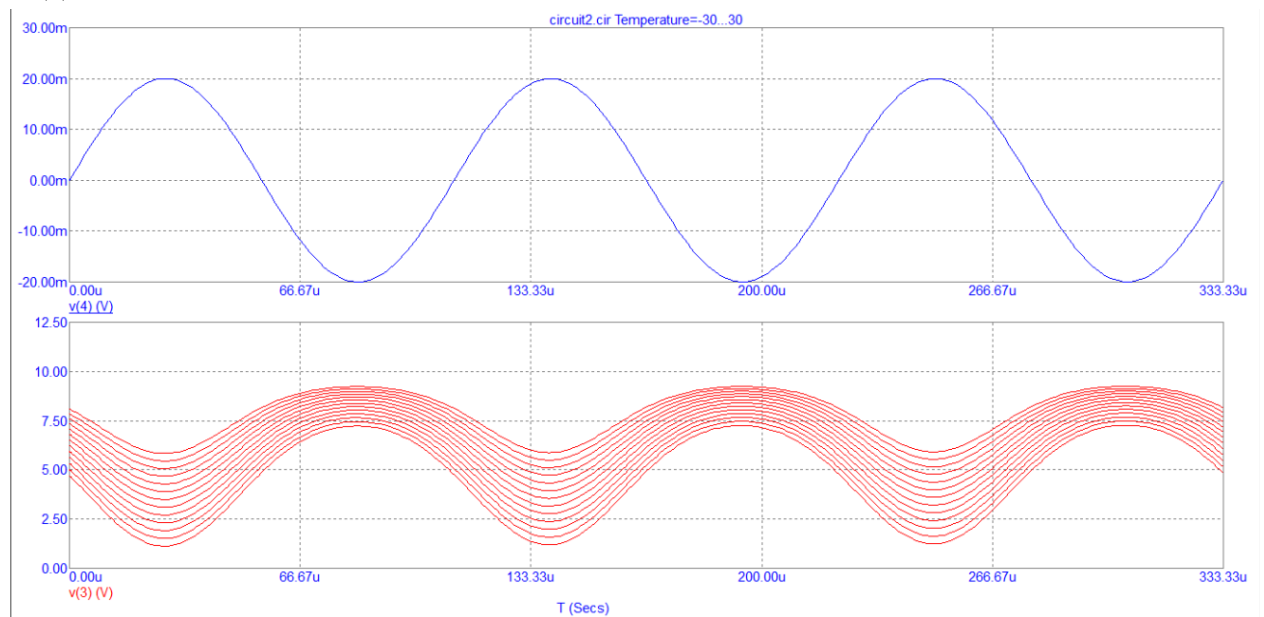
Заметим, что при увеличении температуры, токи базы и коллектора увеличивается медленнее.

Проведём аналогичные измерения для схем без и с делителем напряжения из эксперимента 2.

Без делителя:

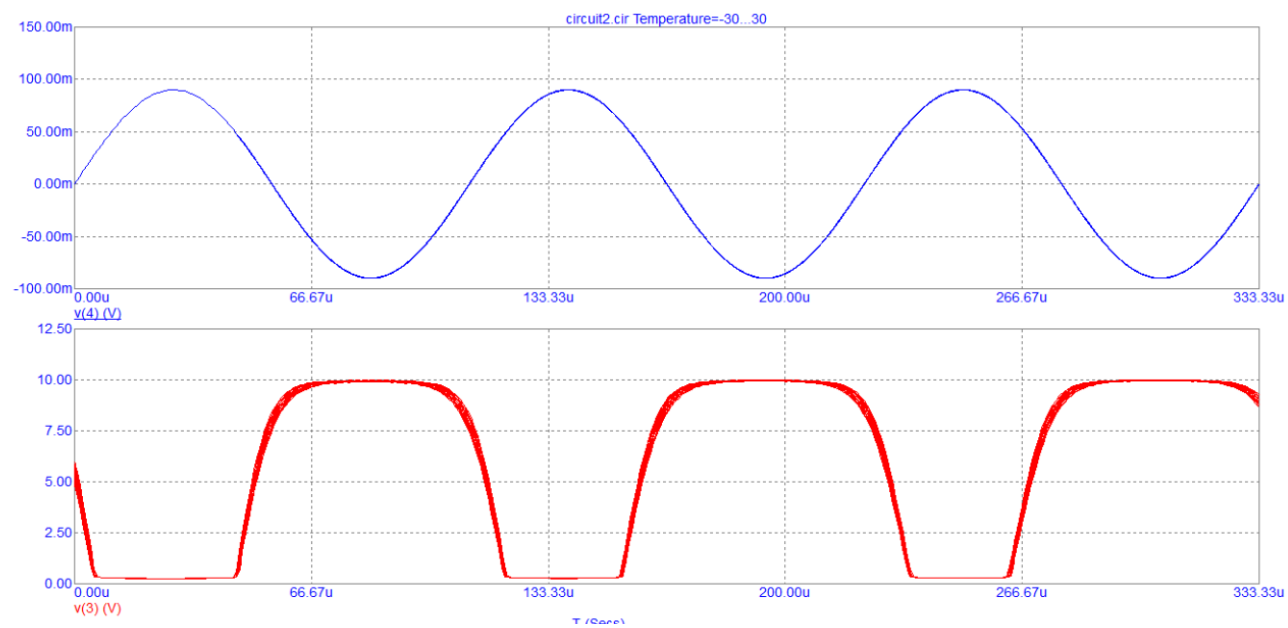


С делителем:

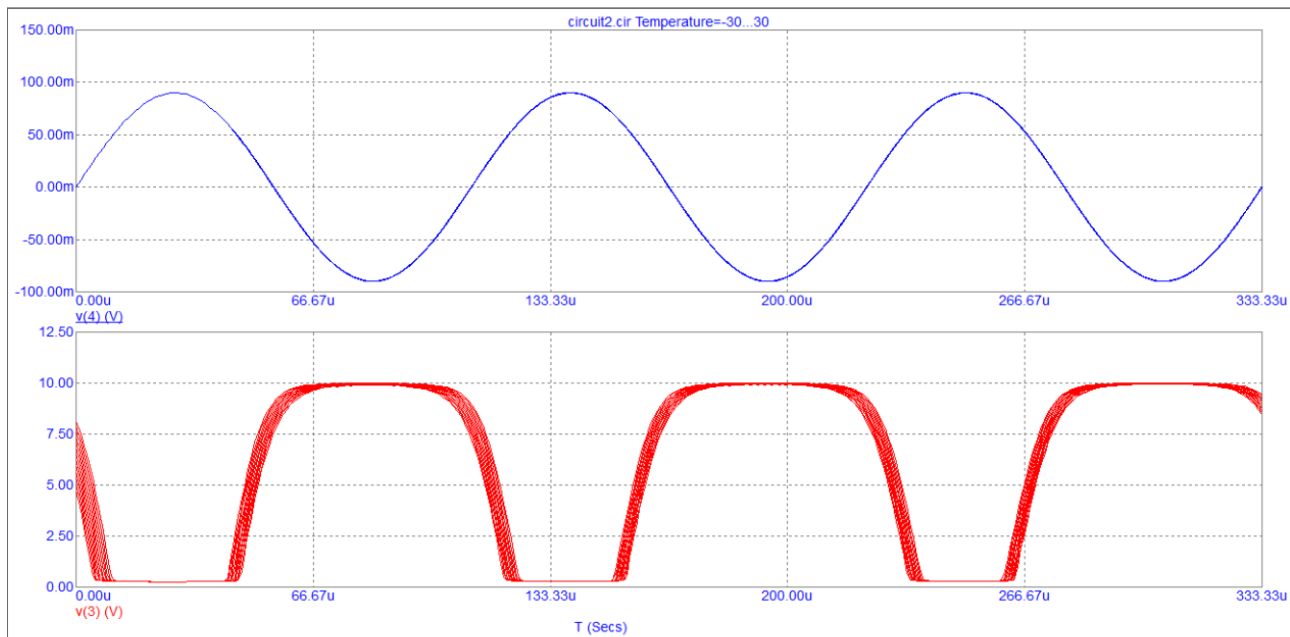


Проведём то же самое при значительном увеличении амплитуды. Получим графики:

Без делителя:



С делителем:



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Были выполнены все задачи, описанные выше, таким образом были получены и проанализированы характеристики транзистора.